

**INVESTIGASI SIFAT KEPADATAN DAN DAYA DUKUNG
BAHAN RAP (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*)
BERGRADASI DBM (*DENSE BITUMEN MACADAM*)**



PUBLIKASI ILMIAH

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

RAGIL FITRIYANTO

D 100 110 019

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**INVESTIGASI SIFAT KEPADATAN DAN DAYA DUKUNG
BAHAN RAP (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*)
BERGRADASI DBM (*DENSE BITUMEN MACADAM*)**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

RAGIL FITRIYANTO

D 100 110 019

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Senja Rum Harnaeni, S.T., M.T.

NIK.795

HALAMAN PENGESAHAN

**INVESTIGASI SIFAT KEPADATAN DAN DAYA DUKUNG
BAHAN RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT)
BERGRADASI DBM (DENSE BITUMEN MACADAM)**

OLEH

RAGIL FITRIYANTO

D 100 110 019

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 06 September 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. **Senja Rum Harnaeni, S.T, M.T.**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Ir. Agus Riyanto, M.T**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



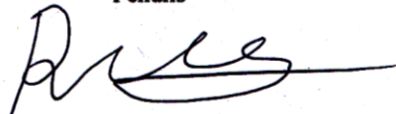
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 13 Oktober 2016

Penulis



RAGIL FITRIYANTO

D 100 110 019

INVESTIGASI SIFAT KEPADATAN DAN DAYA DUKUNG
BAHAN RAP (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*)
BERGRADASI DBM (*DENSE BITUMEN MACADAM*)

Abstrak

Perkerasan jalan merupakan salah satu perkerasan yang banyak digunakan di Indonesia, karena mudah didapat, efisien dan nyaman bagi pengguna transportasi, untuk itu diperlukan perencanaan jalan dengan baik. Pada hal ini suatu perkerasan jalan didesain dengan umur rencana tertentu, jadi dengan umur rencana yang sudah di perkirakan maka dalam waktu tertentu suatu perkerasan jalan akan mengalami kerusakan. Kerusakan di perkerasan jalan disebut dengan *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*. Pemanfaatan *RAP* salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan jalan. Tujuan penelitian yaitu memanfaatkan bahan daur ulang aspal dan mengetahui nilai kepadatan serta daya dukung bahan *RAP* dan agregat baru menggunakan gradasi *DBM (Dense Bitumen Macadam)*, kemudian dibandingkan dengan nilai kepadatan dan daya dukung agregat baru dengan gradasi yang sama.

Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium. Bahan yang digunakan adalah bahan *RAP* yang berasal dari PANTURA Tegal Jawa Tengah. Pada penelitian ini memiliki beberapa pemeriksaan bahan *RAP* dan agregat baru yaitu gradasi saringan, berat jenis, tes abrasi. Setelah itu membuat benda uji bahan *RAP* dan agregat baru dengan menggunakan gradasi *DBM* untuk kepadatan *Proctor*, pengujian tersebut menggunakan *Standard Proctor* dan *Modified Proctor*. Pada penelitian ini hasil kadar air optimum dan berat isi kering maksimum dari *Modified Proctor* tersebut digunakan untuk pembuatan benda uji *CBR*, dari pengujian *CBR* didapatkan nilai daya dukung material.

Berdasarkan analisis sifat kepadatan dan daya dukung bahan *RAP* bergradasi *DBM* didapatkan hasil uji kepadatan bahwa nilai bahan agregat baru lebih tinggi dari pada bahan *RAP*, hal ini disebabkan karena berat jenis, jenis gradasi dan bentuk butiran material yang dipakai. Hasil uji nilai daya dukung didapatkan bahwa agregat baru mempunyai daya dukung yang lebih tinggi dari pada *RAP*, hal ini ini karena dipengaruhi oleh nilai kepadatan yang didapat agregat baru lebih tinggi dari pada *RAP*. Hasil uji *standard proctor* kepadatan maksimum *RAP* didapat $1,47 \text{ gr/cm}^3$, kadar air optimum 7,7 % sedangkan agregat baru didapat $1,83 \text{ gr/cm}^3$, kadar air optimum 8,9 %. Hasil uji *modified proctor* kepadatan maksimum *RAP* didapat $1,57 \text{ gr/cm}^3$, kadar air optimum 7,1 % sedangkan agregat baru didapat $1,92 \text{ gr/cm}^3$, kadar air optimum 8,4 %, kepadatan uji *modified proctor* ini yang digunakan untuk mencari kadar airnya *CBR*. Hasil pengujian *CBR RAP* didapat 57,78 % sedangkan hasil pengujian pengujian Agregat Baru didapat 92,44 %. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *RAP* dan Agregat Baru yang sudah digradasi dengan *DBM*, nilai dari Agregat Baru jauh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil dari *RAP*.

Kata-kata kunci : *RAP*, Agregat baru, Bergradasi *DBM*, Kepadatan, *CBR*.

Abstract

The hardening road is a common being used in Indonesia, because easy to get, efficiency and comfort for all the user of transportations, so that way is really needed a good

planning to create a road. In this case, a harden road has been designed in particular planning, so with particular planning that had been predicted so in particular time hardening road will have broken. A broken of the harden road is called RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). The using of RAP is one of solution to overcome road problem. The goal of this research is to recycle material of asphalt and to know the density point and the support power RAP material new aggregate with same gradation.

This research is used laboratories test method. Materials that has been used is RAP materials that had been coming from PANTURA Tegal Central Java. In this research has had several testing of RAP materials and new aggregate that namely filtering gradation, mass, aberattion test. Than the researcher make thing of RAP materials and new aggregate with using DBM gradation for proctor density, the test is used proctor standard and modified proctor. From this research the optimum degree of water and maximum weigh of dry content from modified proctor standard and modified proctor has been used to make CBR testthing, from CBR testing has been got the materials support point.

Base on analysis of the density character and the support power RAP materials with DBM gradation has been got the test result of density. It can be concluded that the point of new aggregate materials is higher than RAP materials, this is because the masss, type of gradation and the form of granule materials that has been used. The result point of a support power test has been got the data that new aggregate having support power higher than RAP, this is because being influenced by the point of density that has been higher than RAP. The result of standard proctor test, the density maximum RAP is $1,47 \text{ gr/cm}^3$, the degree of optimum water 7,7 % and new aggregate is $1,83 \text{ gr/cm}^3$, new optimum of water 8,9 %. The result of modified proctor test of RAP maximum is $1,57 \text{ gr/cm}^3$, the degree of optimum water 7,1 % and new aggregate is $1,92 \text{ gr/cm}^3$, the degree of optimum water 8,4 % the density of modified proctor tests that has been used to look for the degree water of CBR. The result of CBR RAP test has been got 57,78 % meanwhile the result of new aggregate test is 92,44 %. From the result of the research can be concluded that RAP and new aggregate gradation with DBM , the point of new aggregate is totally higher than the result of RAP.

Keywords: RAP, new aggregates, DBM gradation, density, CBR.

1. PENDAHULUAN

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah limbah perkerasan jalan yang di ambil langsung dari perkerasan yang telah rusak atau yang sudah habis umur rencananya, campurannya terdiri dari aspal dan agregat. Kompenen aspalnya cenderung sudah sangat keras dan getas, sedangkan agregatnya cenderung sudah mengalami degradasi. Bahan *RAP* ini akan menjadi bahan sisa atau limbah yang jika tidak dimanfaatkan dengan baik maka akan terbuang sia-sia. Supaya limbah *RAP* tersebut tidak terbuang sia-sia begitu saja, maka dari itu metode daur ulang (*recycling*) ini sangat cocok untuk memanfaatkan limbah *RAP* tersebut.

Pada umumnya metode daur ulang bahan *RAP* ini mempunyai mutu bahan yang belum bisa bersaing jika dibandingkan dengan campuran aspal beton lainnya, hal ini disebabkan karena campuran *RAP*

memiliki rongga udara yang tinggi, sehingga memiliki tingkat kepadatan yang relatif rendah. Campuran yang memiliki kepadatan rendah maka daya dukungnya juga rendah.

Berdasarkan masalah di atas, penelitian ini perlu dilakukan pengujian bahan *RAP*, oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan dan daya dukung bahan *RAP* dan untuk mengatasi masalah kerusakan perkerasan jalan di Indonesia karena akibat muatan beban yang berlebihan. Penelitian ini menggunakan campuran bergradasi *DBM (Dense Bitumen Macadam)* yang sudah banyak digunakan di *Inggris*, karena *DBM* adalah Suatu lapisan aspal kasar dan padat, sehingga gradasi campuran aspal dimaksudkan untuk digunakan sebagai *BC (Binder Course)* atau lapisan bawah dan digunakan pada lalu lintas yang bermuatan berat. Campuran *DBM* ini merupakan solusi yang baik untuk mencoba memecahkan permasalahan yang di sebabkan kendaraan bermuatan besar di Indonesia, sehingga penelitian ini mencoba untuk menggunakan campuran *DBM* tersebut.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan material *RAP* yang berasal dari Kendal-Weleri Jawa Tengah di ruas PANTURA. Penelitian ini tidak menggunakan bahan tambah apapun. Dalam hal ini objek yang digunakan untuk benda uji ada 2 bentuk yaitu bahan *RAP* asli yang masih terselimuti dengan aspal dan butiran kecil yang masih menempel pada permukaan bahan *RAP* dan agregat baru tatau disebut dengan *fresh* agregat. Setelah itu benda uji akan diuji dalam 3 kategori pengujian yaitu uji pemeriksaan fisik, uji kepadatan, dan uji *CBR*. Uji pemeriksaan fisik bahan *RAP* dan Agregat Baru meliputi uji berat jenis dan penyerapan, uji abrasi, gradasi saringan. Uji kepadatan bahan *RAP* dan agregat baru bertujuan untuk mengetahui nilai kepadatan dan kadar air optimum dengan menggunakan *standard proctor* dan *modified proctor*. Uji *CBR* bertujuan untuk menentukan nilai daya dukung bahan *RAP* dan Agregat Baru dengan menggunakan alat uji *CBR*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeriksaan Mutu Bahan

3.1.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan penyerapan *RAP* dan Agregat Baru

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume agregat dengan berat volume air. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis *bulk* berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dan penyerapan *RAP* dan agregat baru, dari maksud diatas dapat dijelaskan yaitu :

- a. Berat jenis *bulk* adalah berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume pori yang ada.
- b. Berat jenis *SSD* adalah berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya dapat diresapi oleh aspal ditambah dengan volume partikel.

c. Berat jenis semu adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air.

Hasil uji berat jenis *RAP* bisa dilihat pada Tabel 1. Hasil uji berat jenis agregat baru bisa dilihat pada Tabel 2. dan Hasil nilai berat jenis gabungan dapat dilihat di Tabel 3. di bawah ini :

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis *RAP*

Keterangan	Hasil		
	<i>RAP</i> kasar	<i>RAP</i> Medium	<i>RAP</i> halus
	(10-20 mm)	(5-10 mm)	(<5 mm)
Berat jenis <i>bulk</i>	2.06	2.11	1.73
Berat jenis SSD	2.09	2.13	1.77
Berat jenis semu	2.12	2.16	1.80
Penyerapan (<i>absorpsi</i>) %	1.42	1.12	2.25

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Baru

Keterangan	Hasil		
	agregat kasar	agregat medium	agregat halus
	(10-20 mm)	(5-10 mm)	(<5 mm)
Berat jenis <i>bulk</i>	2.61	2.55	2.45
Berat jenis SSD	2.65	2.60	2.50
Berat jenis semu	2.73	2.67	2.59
Penyerapan (<i>absorpsi</i>) %	1.61	1.72	2.25

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 3. Nilai Berat Jenis Gabungan

Keterangan	<i>RAP</i>	Agregat Baru
Gs. Campuran	1.938	2.584

(Sumber : Hasil Penelitian)



RAP



Agregat Baru

Gambar 1. Material Bahan *RAP* dan Agregat Baru

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan hasil data pemeriksaan berat jenis dan penyerapan *RAP* dan agregat baru pada Tabel 1. dan 2. dapat diketahui hasil berat jenis dan penyerapan *RAP* jauh lebih rendah dari pada agregat baru. Hal ini disebabkan bahan *RAP* sudah tercampur dengan aspal, sehingga material tidak bisa sepenuhnya menyerap air secara sempurna dan masuk dalam pori agregat.

Nilai hasil berat jenis suatu agregat di atas yang paling besar di dapat dari berat jenis semu bahan *RAP* maupun agregat baru dan paling kecil di berat jenis *bulk* bahan *RAP* maupun agregat baru.

Secara teori jika semakin besar ukuran agregatnya maka semakin besar juga nilai berat jenisnya. Pada hasil Tabel 1. bahan *RAP* berat jenis ukuran butiran 10-20 mm lebih kecil dari pada 5-10 mm. Hal ini karena pada berat jenis ukuran butiran 5-10 mm kandungan aspal yang melekat pada *RAP* banyak yang terlepas dari agregat *RAP* sedangkan pada ukuran butiran 10-20 mm masih menyatu dengan aspal dan pada ukuran butiran <5 mm banyak kandungan aspal dan butiran abu. Pada hasil Tabel 2. bahan agregat baru menunjukkan bahwa ukuran butiran 10-20 mm lebih besar dari pada ukuran butiran 5-10 mm, jadi hal ini sudah menunjukkan secara teori bahwa semakin besar ukuran butirannya maka semakin besar berat jenisnya.

Pada kondisi di atas bahan *RAP* dapat di buktikan bahwa penyerapan air dari ukuran 10-20 mm lebih besar jika di dibandingkan dengan ukuran butiran 5-10 mm, padahal secara teori jika ukuran butiran semakin kecil maka penyerapannya semakin besar. Pada penyerapan agregat baru bahwa semakin kecil agregatnya semakin besar penyerapannya. Pada penyerapan *RAP* dapat diketahui bahwa penyerapan *RAP* lebih kecil dari pada penyerapan agregat baru, hal ini dikarenakan pada *RAP* mengandung aspal yang menutupi permukaan jadi air yang masuk ke dalam pori-pori agregat menjadi berkurang.

3.1.2 Pemeriksaan Abrasi

Dalam pemeriksaan *RAP* dan Agregat Baru ini digunakan tipe B yaitu agregat *RAP* yang lolos saringan 3/4 tertahan saringan 1/2 seberat 2500 gram dan yang lolos saringan 1/2 tertahan saringan no.4 seberat 2500 gram. Tujuan dilakukan pemeriksaan abrasi atau keausan agregat ini untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan agregat dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Hasil pemeriksaan abrasi ini bisa dilihat pada Tabel 4. dibawah ini :

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Abrasi atau Keausan Agregat

Hasil Pemeriksaan Abrasi	
<i>RAP</i>	Agregat Baru
25,44 %	20.86%

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil pemeriksaan abrasi atau keausan agregat sudah memenuhi persyaratan yaitu nilai *spesifikasi* maksimalnya adalah 30 %. Berdasarkan proses pengujian dengan alat *Los Angeles* di atas maka agregat benda uji sudah layak di pergunakan karena mutu agregat baik. Pada hasil pemeriksaan tersebut bahwa nilai *RAP* jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai agregat baru, hal ini disebabkan karena bahan *RAP* yang masih memiliki aspal dan butiran halus yang masih menyelimuti permukaan agregatnya.

3.1.3 Pemeriksaan Gradasi Agregat

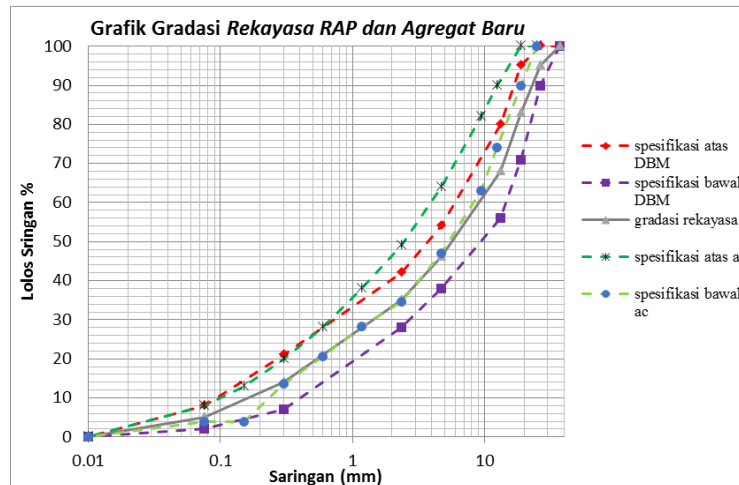
Pemeriksaan analisa saringan ini bertujuan untuk mengetahui pembagian butir (*gradasi*) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan yang sudah ditentukan. Dalam hal ini agregat yang digunakan adalah *RAP* dan agregat baru. Hasil pemeriksaan gradasi rekayasa dapat dilihat pada Tabel 5. dan Gambar grafik Gradasi rekayasa *RAP* dan agregat baru dapat dilihat di Gambar 2. di bawah ini:

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Gradasi Rekayasa

Ø Ayakan (mm)	Rekayasa Persen Lolos (%)	Medium Spek (%)	Spek (%)		Keterangan
			Atas	Bawah	
37.5	100.00	100.00	100	100	Memenuhi
26.5	95.00	95.00	100	90.0	Memenuhi
19	83.00	83.00	95	71	Memenuhi
13.2	68.00	68.00	80	56	Memenuhi
4.75	46.00	46.00	54	38	Memenuhi
2.36	35.00	35.00	42	28	Memenuhi
0.3	14.00	14.00	21	7	Memenuhi
0.075	5.00	5.00	8	2	Memenuhi
Pan	0.00	0.00	0	0	Memenuhi

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pemeriksaan gradasi rekayasa diatas dapat dibuat grafik pada Gambar 2. di bawah ini :



Gambar 2. Grafik Gradasi Rekayasa

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil Gambar 2. dapat disimpulkan *RAP* yang berasal dari Tegal Jawa Tengah di atas bahwa gradasi rekayasa *RAP* dan agregat baru yang telah diuji dengan menggunakan *spesifikasi DBM* lebih masuk dan memenuhi spesifikasi gradasi *DBM*. Gradasi bahan *RAP* dan agregat baru yang digunakan dalam percobaan ini telah direkayasa yaitu menggunakan gradasi persaringan dari spesifikasi *DBM* agar gradasi yang digunakan bisa lebih seragam, sehingga penelitian ini diharapkan agar lebih mudah dan hasilnya lebih baik. Pada grafik di atas ditambahkan spesifikasi *AC* di mana di

Indonesia gradasi yang sering di pakai yaitu menggunakan spesifikasi AC, secara langsung pada grafik gradasi tersebut agar mempermudah untuk pengamatan antara spesifikasi AC yang biasa digunakan di Indonesia dengan spesifikasi DBM yang biasa digunakan di Inggris. Pada grafik di atas dapat diketahui bahwa spesifikasi AC butirannya lebih halus dari pada spesifikasi DBM.

3.2 Pemeriksaan Kepadatan

3.2.1 Pemeriksaan Standard Compaction Test

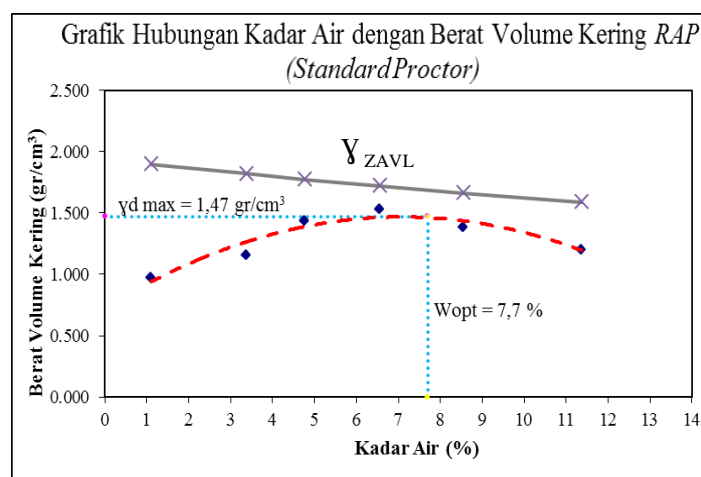
Pemeriksaan kepadatan *Standard Compaction Test* pada penelitian ini dilakukan dengan dua jenis yaitu RAP dan agregat baru dengan menggunakan uji kepadatan *Standard*. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum dari material yang diuji dan dilakukan sesuai SNI 1742:2008 cara uji kepadatan ringan untuk tanah dengan memilih cara C. Hasil dari RAP dan agregat baru dilakukan untuk membandingkan nilai dari bahan RAP dan agregat baru, hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 6. di bawah ini :

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Kepadatan RAP dan Agregat Baru

Kepadatan	Kepadatan Maksimum	Kadar air Optimum
Bahan RAP Metode <i>Standard Proctor</i>	1,47 gr/cm ³	7,7 %
Bahan Agregat Baru Metode <i>Standard Proctor</i>	1,83 gr/cm ³	8,9 %

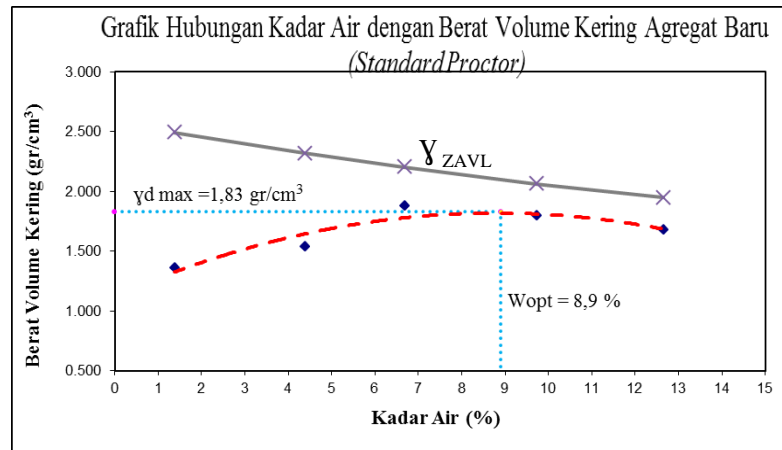
(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil pemeriksaan kepadatan di atas dapat dibuat grafik antara kadar air dengan berat volume kering RAP dan grafik antara kadar air dengan berat volume kering agregat baru. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. dan 4. di bawah ini :



Gambar 3. Grafik Kepadatan RAP

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4. Grafik Kepadatan Agregat Baru
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pemadatan yang dilakukan didapatkan grafik seperti Gambar 3. dan 4. di atas, bahwa agregat baru memiliki nilai kepadatan maksimum ($1,83 \text{ gr/cm}^3$) dan kadar air optimum (8,9 %) yang lebih besar dari pada *RAP*, *RAP* memiliki nilai kepadatan maksimum ($1,47 \text{ gr/cm}^3$) dan kadar air optimum (7,7 %). Hal ini karena kualitas agregat baru yang lebih baik. Factor lain yang mempengaruhi nilai kepadatan yaitu berat jenis, jenis gradasi, dan bentuk butiran material yang dipakai. Pada penelitian berat jenis dapat diketahui hasil bahwa berat jenis material agregat baru lebih tinggi di bandingkan dengan berat jenis material *RAP*, sehingga berat jenis material dapat mempengaruhi nilai kepadatan suatu material, dari ke dua material tersebut gradasi yang digunakan telah disamakan, sehingga ukuran butiran material yang digunakan juga sama dan kenapa gradasi tersebut di samakan hal ini dikarenakan guna untuk membandingkan gimana hasil kedua material dengan gradasi sama dan jika agregat memiliki susunan butiran atau gradasi agregat baik maka daya tekan butiran agregat untuk mengisi antar rongga didalam agregat semakin bagus maka berakibat volume pori semakin kecil sehingga nilai kepadatannya semakin besar, dalam factor ini maka gradasi sangat berpengaruh terhadap nilai kepadatan. sedangkan untuk bentuk butiran material dari kedua material tersebut sedikit berbeda dimana di agregat baru berbentuk lancip kalau di bandingkan dengan material *RAP* dan untuk *RAP* berbentuk sedikit bulat karena udah tercampur dengan aspal dan butir kecil didalamnya.

3.2.2 Pemeriksaan *Modified Compaction Test*

Pemeriksaan kepadatan *Modified Compaction Test* pada penelitian ini dilakukan dengan dua jenis sama seperti *Standart Compaction Test* yaitu *RAP* dan agregat baru dengan menggunakan uji kepadatan *modified*. Pemeriksaan kepadatan *proctor* dilakukan sesuai SNI 1743:2008 tabel cara uji kepadatan berat untuk tanah dengan cara D. Hasil dari *RAP* dan agregat baru dilakukan untuk

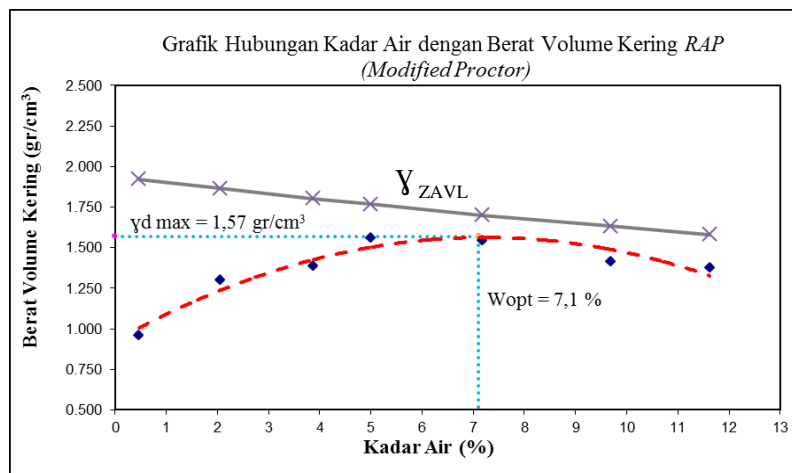
membandingkan nilai dari bahan *RAP* dan agregat baru, hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 7. di bawah ini :

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Kepadatan *RAP* dan Agregat Baru

Kepadatan	Kepadatan Maksimum	Kadar Air Optimum
Bahan <i>RAP</i> Metode <i>Modified Proctor</i>	1,57 gr/cm ³	7,1 %
Bahan Agregat Baru Metode <i>Modified Proctor</i>	1,92 gr/cm ³	8,4 %

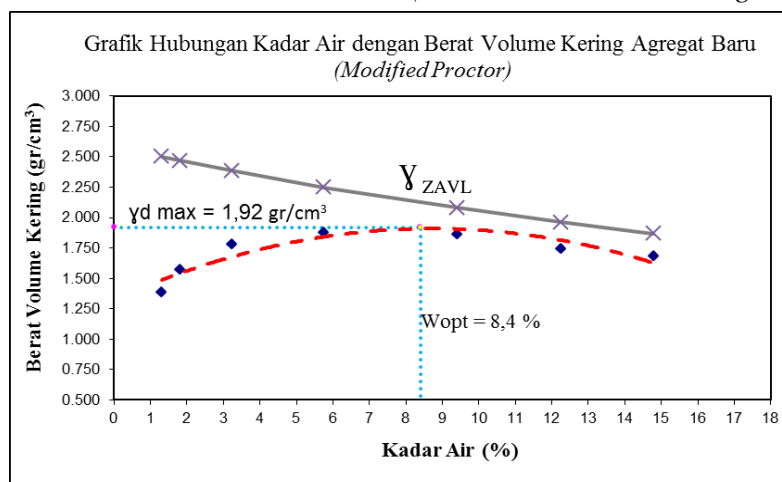
(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil pemeriksaan kepadatan *Modified Proctor* di atas dapat dibuat grafik antara kadar air dengan berat volume kering *RAP* dan grafik antara kadar air dengan berat volume kering agregat baru. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. dan 6. di bawah ini :



Gambar 5. Grafik Kepadatan *RAP*

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 6. Grafik Kepadatan Agregat Baru

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pemadatan yang dilakukan didapatkan grafik seperti Gambar 5. dan 6. di atas, bahwa agregat baru memiliki nilai kepadatan maksimum (1,92gr/cm³) dan kadar air optimum (8,4 %) yang lebih besar

dari pada *RAP*, *RAP* sendiri memiliki nilai kepadatan maksimum ($1,57 \text{ gr/cm}^3$) dan kadar air optimum (7,1 %). Penjelasan kesimpulan ini tidak jauh berbeda dengan kesimpulan yang terjadi *Standard Proctor*, bahwa kenapa *RAP* hasilnya lebih rendah dibanding dengan agregat baru. Hal ini dikarenakan kualitas agregat baru yang lebih baik dari pada *RAP*. Factor lain yang mempengaruhi nilai kepadatan yaitu berat jenis, jenis gradasi, dan bentuk butiran material yang dipakai. Pada penelitian berat jenis dapat diketahui hasil bahwa berat jenis material agregat baru lebih tinggi di bandingkan dengan berat jenis material *RAP*, sehingga berat jenis material dapat mempengaruhi nilai kepadatan suatu material, dari ke dua material tersebut gradasi yang digunakan telah disamakan, sehingga ukuran butiran material yang digunakan juga sama dan kenapa gradasi tersebut di samakan hal ini dikarenakan guna untuk membandingkan hasil kedua material dengan gradasi sama dan jika agregat memiliki susunan butiran atau gradasi agregat baik maka daya tekan butiran agregat untuk mengisi antar rongga didalam agregat semakin bagus maka berakibat volume pori semakin kecil sehingga nilai kepadatannya semakin besar, dalam factor ini maka gradasi sangat berpengaruh terhadap nilai kepadatan. sedangkan untuk bentuk butiran material dari kedua material tersebut sedikit berbeda dimana di agregat baru berbentuk lancip kalau dibandingkan dengan material *RAP* dan untuk *RAP* berbentuk sedikit bulat karena udah tercampur dengan aspal dan butir kecil didalamnya.

Sedangkan nilai kadar air agregat baru lebih tinggi dari bahan *RAP* dikarenakan agregat baru masih memiliki pori-pori lebih banyak dibandingkan dengan bahan *RAP* yang sudah terselimuti aspal, sehingga agregat baru lebih memungkinkan menyerap air lebih banyak dari bahan *RAP*. Nilai penyerapan agregat berpengaruh terhadap kadar air optimum material dimana semakin tinggi nilai penyerapan maka kadar air optimumnya akan semakin tinggi, kadar air optimum dari *Modified Proctor* akan digunakan untuk uji *CBR* (*California Bearing Ratio*)

Jika dibandingkan dari hasil kepadatan dan kadar air optimum *standard proctor* dengan hasil kepadatan *modified proctor*, nilai kepadatan *modified proctor* lebih besar dari pada nilai hasil yang diperoleh oleh kepadatan *standard Proctor* dan kadar optimumnya lebih besar *standard proctor* dibanding *modified Proctor*. Hal ini disebabkan karena *modified proctor* berat penumbuk dan jumlah penumbuknya berbeda dengan *standard Proctor*. Secara teori (Hardiyatmo, 2012) jika energi pemadatan ditambah, berat volume kering tanah juga bertambah dan jika energi pemadatan ditambah, kadar air optimum berkurang.

3.3 Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

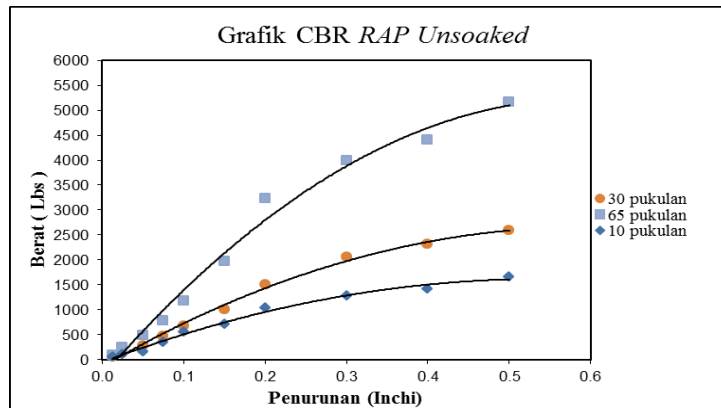
Pengujian *CBR* dimaksudkan untuk menentukan nilai daya dukung *RAP* dan agregat baru jika dipadatkan di laboratorium dengan menggunakan alat *CBR* pada kadar air optimum yang sudah diketahui. Pengujian *CBR RAP* dan agregat baru ini dilakukan tanpa perendaman (*Unsoaked*). Hasil

pengujian dapat dilihat pada Tabel 8. dan Gambar Grafik *CBR RAP* dan agregat baru dapat dilihat Gambar 7. dan 8. di bawah ini :

Tabel 8. Hasil nilai pengujian *CBR RAP* dan Agregat Baru (*Unsoaked*)

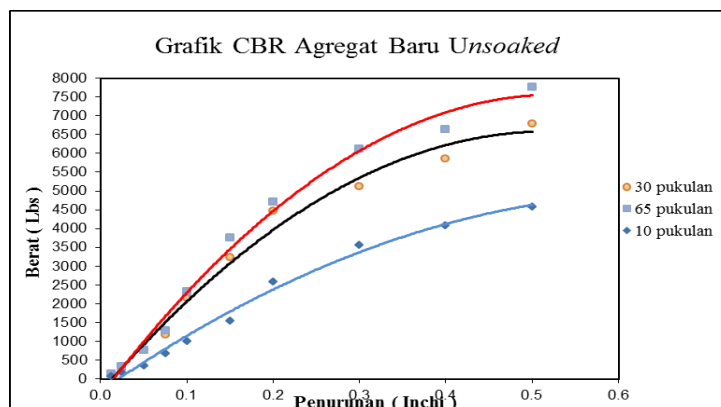
Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR RAP</i> (%)	Nilai <i>CBR</i> Agregat Baru (%)
10 pukulan	21,78	57,56
35 Pukulan	29,56	82,56
65 Pukulan	57,78	92,44

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 7. Grafik *CBR RAP Unsoaked*

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 8. Grafik *CBR Agregat Baru Unsoaked*

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pemeriksaan test *CBR* dilakukan tanpa perendaman. Berdasarkan grafik 7. dan 8. kemudian diketahui nilai *CBR*. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa agregat baru mempunyai daya dukung yang lebih tinggi dari pada bahan *RAP*. Berdasarkan pengujian di atas dari nilai *CBR RAP* dan nilai *CBR* agregat baru menunjukkan hasil tiap jumlah pukulan mengalami peningkatan dan hasil nilai dari agregat baru lebih besar dari pada *RAP*. Hal ini karena nilai kepadatan yang didapat agregat baru lebih tinggi dari pada *RAP*, sehingga nilai *CBR* yang didapat agregat baru juga lebih tinggi dibandingkan dengan *RAP*. Berdasarkan factor di atas nilai daya dukung berpengaruh terhadap nilai kepadatan, di mana makin tinggi nilai kepadatan maka makin tinggi nilai daya dukungnya. Nilai

CBR sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat dan kepadatan, jadi dengan gradasi yang baik diperoleh agregat yang ukuran butirannya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir sehingga dengan gradasi baik tersebut mempunyai tingkat kekerasan butiran dan bentuk butiran.

4. PENUTUP

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Hasil pemeriksaan kepadatan dan *CBR* (*California Bearing Ratio*) bahan *RAP* sebagai berikut :
 1. Berdasarkan pemeriksaan nilai kepadatan yang dilakukan dengan *Standard Proctor*, mendapat nilai kepadatan maksimum untuk bahan *RAP* sebesar $1,47 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum sebesar 7,7 %. Sedangkan nilai kepadatan yang dilakukan dengan *Modified Proctor* untuk bahan *RAP*, mendapat nilai kepadatan maksimum sebesar $1,57 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimumnya sebesar 7,1 %.
 2. Pengujian *CBR* yang dilakukan adalah *CBR* tanpa rendaman (*Unsoaked CBR*), Hasil yang didapat yaitu sebesar 57,78 %.
- b. Hasil pemeriksaan kepadatan dan *CBR* (*California Bearing Ratio*) bahan Agregat Baru sebagai berikut :
 1. Berdasarkan pemeriksaan nilai kepadatan yang dilakukan dengan *Standard Proctor*, mendapat nilai kepadatan maksimum untuk bahan agregat baru sebesar $1,83 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum sebesar 8,9 %. Sedangkan nilai kepadatan yang dilakukan dengan *Modified Proctor* untuk bahan agregat baru, mendapat nilai kepadatan maksimum sebesar $1,92 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimumnya sebesar 8,4 %.
 2. Pengujian *CBR* yang dilakukan adalah *CBR* tanpa rendaman (*Unsoaked CBR*), Hasil yang didapat yaitu sebesar 92,44 %.
- c. Berdasarkan hasil pemeriksaan yang didapat bahwa nilai kepadatan untuk agregat baru lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kepadatan bahan *RAP*. Hal ini dikarenakan kualitas agregat baru yang lebih baik dari pada *RAP*. Factor lain yang mempengaruhi nilai kepadatan yaitu berat jenis, jenis gradasi, dan bentuk butiran material yang dipakai. Pada penelitian berat jenis dapat diketahui hasil bahwa berat jenis material agregat baru lebih tinggi di bandingkan dengan berat jenis material *RAP*, sehingga berat jenis material dapat mempengaruhi nilai kepadatan suatu material, Berdasarkan ke dua material tersebut gradasi yang digunakan telah disamakan, sehingga ukuran butiran material yang digunakan juga sama dan kenapa gradasi tersebut di samakan hal ini dikarenakan guna untuk membandingkan hasil kedua material dengan gradasi sama, sedangkan untuk bentuk butiran material dari kedua material tersebut sedikit berbeda di mana di agregat baru berbentuk lancip kalau di bandingkan dengan material *RAP* dan untuk

RAP berbentuk sedikit bulat karena sudah tercampur dengan aspal dan butir kecil didalamnya sehingga bentuk butiran dapat mempengaruhi nilai hasil kepadatan. Kemudian nilai *CBR* pada agregat baru juga lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *CBR* bahan *RAP*, Hal ini karena nilai kepadatan yang didapat agregat baru lebih tinggi dari pada *RAP*, sehingga nilai *CBR* yang didapat agregat baru juga lebih tinggi dibandingkan dengan *RAP*. Berdasarkan factor diatas nilai daya dukung berpengaruh terhadap nilai kepadatan, dimana makin tinggi nilai kepadatan maka makin tinggi nilai daya dukungnya.

SARAN

Saran dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil yang akurat dan lebih baik perlu di butuhkan sampel yang lebih banyak lagi untuk sampel *standard proctor*, *modified proctor* dan *CBR*.
2. Penelitian dapat dikembangkan dengan memberikan bahan tambah lain atau dengan cara rekayasa campuran, agar mendapatkan hasil yang baik.
3. Perlu dibuatnya *spesifikasi* tentang penggunaan *RAP* untuk memudahkan dalam pengerjaan yang menggunakan bahan material *RAP*

PERSANTUNAN

Peneliti bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan kasih sayangNya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar. Dalam kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. DITLITABMAS KEMENRISTEKDIKTI yang sudah memberikan dukungan dana.
2. LPPM UMS yang sudah memberikan fasilitas sehingga penelitian ini dapat memberikan hasil pengembangan ilmu pengetahuan dibidang bahan jalan.
3. Ibu. Senja Rum Harnaeni sebagai pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, memberikan kritik dan saran yang membangun mulai dari awal sampai akhir yang bermanfaat bagi penyusun.
4. Bp. Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D sebagai pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, memberikan kritik dan saran yang membangun mulai dari awal sampai akhir yang bermanfaat bagi penyusun.
5. Bapak Ir. Agus Riyanto, M.T sebagai penguji telah memberikan bimbingan, memberikan kritik dan saran yang membangun mulai dari awal sampai akhir yang bermanfaat bagi penyusun.
6. Bapak Ahmad Karim Fatchan, Ir., M.T sebagai pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan selama masa perkuliahan yang bermanfaat bagi penyusun.

7. Jajaran staf Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah membantu bagi kelancaran Tugas Akhir ini.
8. Bapak, Ibu, dan Adik tercinta yang selalu memberikan do'a dan dorongan baik material maupun spiritual, maaf jika selama ini sering mengecewakan.
9. Teman-teman angkatan 2011 yang sudah membantu mulai dari penelitian di laboratorium sampai selesai, menemani semasa perkuliahan berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006, Modul Praktikum Mekanika Tanah 1, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Astuti, 2015, *Analisa Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Cahyo.P, 2013, *Investigasi Karakteristik RAP Artifisial*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Danny Kelana Girry, 2010, *Karakteristik Daya Dukung Material RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Sebagai Bahan Daur Ulang Perkerasan Jalan*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, Spesifikasi Umum Divisi 6 (revisi 3), Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kandhal Prithvi Singh, V.K Sinha and A. Veeraragavan, 2008, *A Critical Review Of Bituminous Paving Mixes Used In India*, Paper No.541, India.
- Purnomo.W, 2010, *Karakteristik Kepadatan dan CBR Material RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Dengan Proses Pencampuran Hangat*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sridhar R dkk, 2007, *Effect of Gradation and Compactive Effort on the properties of dense bituminous macadam mixes*, Central Road Research Intitude, New Delhi.
- Standar Nasional Indonesia-1743. (2008). *Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah*. Badan Standarisasi Nasional
- Sukirman.S, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman.S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Penerbit Granit, Jakarta.
- Sunarjono, S., 2006, *Evaluasi Engineering Bahan Perkerasan Bahan Perkerasan Jalan Menggunakan RAP dan Foamed Bitumen*. Jurnal Eco Rekayasa Vol. 2 No 2 September 2006, Magister Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- S Sunarjono, DK Giri, W Purnomo, R Renaningsih, 2012, *Characteristics of Reclaimed Asphalt Pavement as a Road Preservation Recycling Material*. Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Volume 12 No. 3, September 2012, Prodi Teknik Sipil UMS, Surakarta.
- Sri Sunarjono, Musclih Hartadi Sutanto, Wahyu Widiasmoro, Agus Riyanto, Aliem Sudjatmiko, 2012. *Studi Prosedur Pemadatan Material Asphalt Concrete (AC) Menggunakan Alat Pemadat Roller Slab (APRS)* , Seminar Nasional Teknik Sipil 2012, Prodi Teknik Sipil UMS, Surakarta.
- Sunarjono, S. Riyanto, A., & Absori, 2012, *Rekayasa pemanfaatan Reclaimed Asphalt Pavement Untuk Preservasi Konstruksi Jalan*. Simposium Nasional Ke-11 RAPI 2012, ISSN : 1412-9612 , Universitas Muhammadiyah Surakarta, <http://hdl.handle.net/11617/3777>.
- Sunarjono, S., Astuti, W., W., Sutanto, M., H., 2015, *Karakteristik Bahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Ruas Jalan Pantura Jawa*. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 3 2015, ISSN: 2339-028X, Makassar.
- Sunarjono, S., Hidayati, N., 2016, *Sepuluh Tahun Hasil Penelitian Bahan Reclaimed Asphalt Pavement di Pusat Studi Transportasi UMS*. The 3rd University Research Colloquium (URECOL) 2016, LPPM STIKES Muhammadiyah Kudus, <http://hdl.handle.net/11617/6930>.